



# Koppelingen in het NHI



KfC/038G/2011

KKF01b



Copyright © 2010

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

#### Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

# Koppelingen in het NHI

Auteurs

A.A. Veldhuizen<sup>(1)</sup>, H.M. Mulder<sup>(1)</sup> & J. Verkaik<sup>(2)</sup>



<sup>(1)</sup> Alterra

<sup>(2)</sup> Deltares

KfC/038G/2011

KKF01b

ISBN 978-94-90070-00-7

Met dank aan...

Dit onderzoeksproject werd (wordt) uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat ([www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.





## Inhoudsopgave

1	Woord vooraf.....	7
2	Samenvatting.....	9
3	Summary.....	11
4	Extended summary.....	13
5	Inleiding .....	18
5.1	Achtergrond en probleemstelling.....	18
5.2	Doel.....	18
5.3	Leeswijzer .....	18
6	Koppelingen in het NHI.....	19
6.1	Algemeen.....	19
6.2	Koppelingen in het NHI.....	19
7	Koppeling NHI-AGRICOM.....	23
7.1	Algemeen.....	23
7.2	Koppeling NHI-AGRICOM.....	23
8	Literatuurverwijzingen.....	Error! Bookmark not defined.
9	Bijlagen .....	Error! Bookmark not defined.
10	Tot slot .....	Error! Bookmark not defined.





## 1 Woord vooraf

Dit rapport doet verslag van de werkzaamheden van Alterra en Deltares aan de koppelingen binnen het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) en tussen het NHI en het agrohydrologische effectmodel AGRICOM.

Het project is gefinancierd door Kennis voor Klimaat onder het thema Klimaat Kennis Faciliteit, project Modelplatform- Koppelingen.

Wageningen, 30 november 2010







## 2 Samenvatting

Het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) beschrijft de waterbeweging in grond- en oppervlaktewater alsmede het beheer ervan in het grootste deel van Nederland. Het NHI vormt een onmisbare schakel om de effecten van Klimaatverandering op watergerelateerde functies te kunnen bepalen. Bij de ontwikkeling van het NHI is er weinig aandacht besteed aan de praktische toepasbaarheid. Zo is er veel specialistische kennis voor nodig en vergt het instrument veel rekentijd. In het kader van dit project is de gehele logistiek van het NHI verbeterd, geformaliseerd, versneld en vervolgens ondergebracht in FEWS. Dit betreft de koppeling tussen het landsysteem (MODFLOW-metaSWAP) en het oppervlaktewatersysteem (MOZART-DM), inclusief het transport van zout (TRANSOL) en de koppeling met het landbouwkundig effectmodel AGRICOM. Deze operatie heeft onder andere geleid tot een versnelling van het instrument met een factor 2 en een sterk verbeterd gebruiksgemak.





### 3 Summary

The Netherlands Hydrologic Instrument (NHI) describes the water movement in groundwater and surface water as well as the management conducted for the major part of the Netherlands. The NHI constitutes a vital link to the effects of climate change on water-related functions. During the development of the NHI little attention has been paid to the practical applicability. There is a lot of specialized knowledge required and the instrument requires much computing time. Under this project, the entire logistics of the NHI have been improved, formalized, accelerated and then placed in FEWS. This concerns the link between the land system (MODFLOW-metaSWAP) and the surface water system (MOZART-DM), including transport of salt (TRANSOL) and the link with the agricultural effect model AGRICOM. This operation, among other things led to an acceleration of the instrument by a factor of 2 and greatly improved the ease of use.



## 4 Extended summary

Dutch hydrological institutes Alterra, Deltares, Netherlands Environmental Assessment Agency and RWS Waterdienst have cooperated to build a new national hydrological model. The instrument is used by the ministries involved in national water policy matters, for instance drought management, manure policy and climate change issues. The Netherlands Hydrological modeling Instrument is also used in emergency planning situations. The Netherlands Coordination Committee on the Distribution of Water determines the distribution of water in periods of extremely low river discharges. Agriculture in the Netherlands depends on water from the rivers Rhine and Meuse to compensate for evapotranspiration, but has to compete with other functions, such as shipping and industry. Scenario calculations with the NHI model support the decision making.

The basis of the modeling instrument is a state-of-the-art on-line coupling of the groundwater system (MODFLOW) and the unsaturated zone (metaSWAP). Optionally a national surface water module (MOZART-DM) can be added, in which surface water distribution, discharge and supply are accounted for.

Current water management is concerned with safety against flooding, but also with droughts during hot summers, salt intrusion, pollution of surface and groundwater, poor ecological status and so on. Climate change and sea level rise, coupled with land subsidence due to peat oxidization, only increase these issues.

Starting from 2006, Deltares, Alterra, Netherlands Environmental Assessment Agency and RWS Waterdienst have combined to create a single hydrological model for the Netherlands, the Netherlands Hydrological modeling Instrument (NHI). The model aims at unifying the hydrological foundation under Dutch water management. The model combines the latest available data from different national databases with some of the latest modeling techniques.

The Netherlands Hydrological modeling Instrument aims at modeling the complete interconnected hydrological system. The model was set up with several requirements in mind. A key requirement of the model building process was consensus among the participating institutes, all with different historical backgrounds in hydrological modeling. Furthermore, model building had to be completely transparent and reproducible, to allow for transparent policy analysis. The model was set up using the model codes MODFLOW (saturated groundwater flow), metaSWAP (unsaturated zone) and MOZART/DM (surface water).

The Netherlands Hydrological modeling Instrument makes full use of available national databases. Nationwide data is becoming increasingly available at ever finer resolutions. The NHI uses amongst others topographical data, elevation

data, soil data, land use data water management data and data on the subsurface.

Saturated groundwater flow in the NHI is modeled using a MODFLOW model (McDonald and Harbaugh, 1988). The model area covers the entire mainland of the Netherlands, excluding only the southernmost part. The horizontal resolution of the model is 250 meters. Including a buffer area to minimize boundary effects, the model area consists of 1300 x 1200 cells. The NHI opted for a seven-layer vertical discretization of 6 aquifers, 6 aquitards and the phreatic surface.

The hydrogeological schematization of the model was based on the REGIS system. The REGIS system stores regional hydrogeological information of the subsurface of the Netherlands (Vernes & Van Doorn, 2006). In the REGIS system, coring data is hydrogeologically interpreted and translated into a hydrogeological model of aquifers, aquitards and faults of the subsurface of the Netherlands. An automated procedure was used to translate the available hydrogeological information of the subsurface into the seven-layer model schematization of the NHI. In the procedure aquifers and aquitards were combined using pre-defined rules to form the model layers. This flexible approach allowed for expert influence on the model schematization, yet retains full reproducibility.

The unsaturated zone is modeled using an on-line coupling of MODFLOW with the metaSWAP model. The metaSWAP model (Veldhuizen et al., 2006) has been developed as a meta-model of the SWAP model. The SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) model is a deterministic column-model of the unsaturated zone, and the interaction of the soil with its supported vegetation and the atmosphere. Comparison of metaSWAP with the original SWAP model shows excellent agreement, while calculation times have been reduced dramatically (Van Walsum and Groenendijk, 2008). The metaSWAP model operates on the same spatial resolution as the MODFLOW model.

Surface water flow is accounted for in the coupled water balance models MOZART and DM. The regional surface water system is schematized in MOZART using drainage basins of around 2 km<sup>2</sup>. The model accounts for drainage, precipitation and evaporation and local water management including level control, water distribution and flushing. Topographical and elevation data have been combined with information on weirs to calculate discharge-stage relationships in an automated procedure. Local water boards were interviewed for information on local water management rules. The DM model calculates water distribution at the nation scale. The model allows for the simulation of water allocation to drought-affected areas. Water management rules are based on current practice by the Ministry of Transport, Public Works and Water Management.

Supporting effective policy analysis not only requires modeling the effect of scenarios on the hydrological system, but also on the functions it supports. The Netherlands Hydrological modeling Instrument therefore occupies a central

place in a larger framework of models and effect-models, such as AGRICOM for agriculture, GeoPearl for pesticides, STONE for nutrients and SMART-SUMO for nature.

The four model components (groundwater, soil water, regional surface water and water distribution) are coupled in different ways; four relevant couplings can be distinguished:

1. MODFLOW and a metaSWAP: Online in a fully integrated model code. MetaSWAP is invoked by MODFLOW as though it was a MODFLOW package; ground water recharge is computed; calculations and exchanges take place on a daily basis.
2. MOZART and metaSWAP: Online with separate codes, the coupling is done for a demand and allocation phase; runoff and irrigation are computed; metaSWAP calculations are on a daily basis, the MOZART and exchange time step is one decade.
3. MOZART and MODFLOW: Online with separate codes, the coupling is done for a demand and allocation phase, MODFLOW calculates the exchange between groundwater and surface water; MODFLOW calculations are on a daily basis, the MOZART and exchange time step is one decade.
4. MOZART and DM: Online with separate codes, the coupling is done for a demand and allocation phase; the exchange of surface water between the regional surface water and the main surface water system is computed; the time step for both models and the exchange time step is one decade.

During this project an important part of the coupling schemes have been improved. This concerns a new and improved metaSWAP-MODFLOW model code and an online connection to MOZART and the salt transport module TRANSOL. State-save options are implemented for MODFLOW, metaSWAP and TRANSOL, the code has been restructured such that the control of the individual modules takes place through the main program, existing NHI coupling software is analyzed in detail and dramatically cleaned up and put in a library, the coupling with MOZART is realized with a control file and the NHI control batch files are updated. As a result, calculation times have been reduced by 50 %.

The coupling schemes have been implemented in Delft-FEWS. Model adapters transform imported data (stored in the DELFT-FEWS database) into model input files, After a model run, the adapters read data from the model output files and store these data in the DELFT-FEWS database. In this way, an adapter can be seen as the connection between DELFT-FEWS and the models. Each day, a model run is performed to calculate the actual state of the system. For the coupled MODFLOW-MetaSWAP model, this means that precipitation and

evaporation are read from the database and written as input files for MetaSWAP. Surface water discharges are taken from the database as input for the MOZART/DM model.

All model output is post-processed by the adapters and stored in the DELFT-FEWS database. Users can visualize relevant output data within DELFT-FEWS. For drought forecasting, water demand and water shortage are essential parameters. Based on this information, the National Coordinating Committee for Water Distribution can advise on the water distribution and, for example, can suggest to reallocate water.

Additionally, in this project the connection between AGRICOM and the NHI has been reflected, improved and implemented in FEWS. AGRICOM is an acronym for Agricultural Cost Model. It is an agro-economic model based on the results of a hydrological model calculating costs and benefits for the agricultural sector in the Netherlands. This concerns the effects of too dry, too wet or salty conditions in the Dutch agriculture.

The concept of AGRICOM dates from the early eighties. In 2009 an update and improvement of AGRICOM concept was initiated, based on the AGRICOM definition study (Bakel et al, 2009). AGRICOM is to be used in connection with the Delta Program.

AGRICOM consists of three consecutive programs that are invoked subsequently: first the NHI results are made suitable for AGRICOM (subprogram NHI2ACM), then AGRICOM itself performs its calculations. Finally the AGRICOM results are summarized in tables and grid files.





## 5 Inleiding

### 5.1 Achtergrond en probleemstelling

Het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) beschrijft de waterbeweging in grond- en oppervlaktewater alsmede het beheer ervan in het grootste deel van Nederland. Het NHI vormt een onmisbare schakel om de effecten van Klimaatverandering op watergerelateerde functies te kunnen bepalen. Bij de ontwikkeling van het NHI is er weinig aandacht besteed aan de praktische toepasbaarheid. Zo is er veel specialistische kennis voor nodig en vergt het instrument veel rekentijd. Dit maakt dat het instrument niet optimaal kan worden ingezet.

### 5.2 Doel

Het doel van dit project is om de belangrijkste koppelingen in en rondom het NHI te verbeteren, te formaliseren en te versnellen. Dit betreft de koppelingen tussen het landsysteem (MODFLOW-metaSWAP) en het oppervlaktewatersysteem (MOZART-DM), inclusief het transport van zout (TRANSOL) en de koppeling met het landbouwkundig effectmodel AGRICOM.

### 5.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 6 wordt kort uiteengezet welke acties zijn ondernomen om de koppelingen binnen het NHI te verbeteren. Hoofdstuk 7 gaat over de verbetering van de koppeling tussen AGRICOM en het NHI.

## 6 Koppelingen in het NHI

### 6.1 Algemeen

Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) is een geïntegreerd lands-dekkend grond- en oppervlaktewatermodel van Nederland. Het doel van het NHI is om hydrologische ondersteuning te bieden aan beleids- en operationele studies op landelijk (en zoveel mogelijk regionaal) niveau. Dit meerjarige project wordt uitgevoerd door het NHI-projectteam (Alterra, Deltares, PBL, RWS-Waterdienst). Het NHI ontwikkelt zich continu. In april 2010 is de versie 2.0 aan Rijkswaterstaat Waterdienst opgeleverd. Deze versie is door een intensieve verbeterslag compleet vernieuwd ten opzichte van de vorige versie.

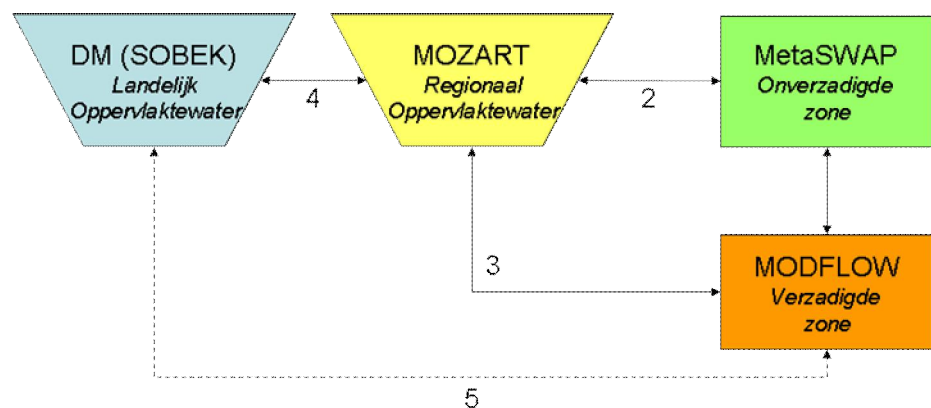
Een deel van de uitkomsten van NHI worden doorvertaald naar aangrenzende werkterreinen. Hier worden effectmodellen voor gebruikt. Voor de landbouw kan bijvoorbeeld de landbouw schade aan gewassen voor een specifiek jaar in beeld gebracht worden. De natuur effectmodule geeft aan welke gevolgen een ingreep heeft voor de natuurontwikkeling in een gebied. Zo is er een heel scala van effectmodellen die de hydrologische uitkomsten van NHI vertalen naar andere beleidsvelden.

### 6.2 Koppelingen in het NHI

Het NHI is opgebouwd uit diverse gekoppelde modelonderdelen:

- Verzadigde zone (grondwater) - MODFLOW;
- Onverzadigde zone - MetaSWAP;
- Regionaal oppervlaktewater - MOZART;
- Landelijk oppervlaktewater - DM (SOBEK).

In de onderstaande figuur zijn de onderlinge relaties weergegeven.



Figuur 6.1: NHI reken-codes en koppelingen

De koppelingen tussen de rekencodes worden hieronder toegelicht. De nummers verwijzen naar de nummers in Figuur 1:

**1 MODFLOW en metaSWAP:**

Online volledig gekoppeld in één modelcode. In deze code wordt metaSWAP als het ware aangeroepen als een MODFLOW package; MODFLOW stuurt de waterbalansgegevens van de freatische laag naar metaSWAP; metaSWAP levert een uitwisselingsflux tussen verzadigde zone (grondwater) en onverzadigde zone (grondwateraanvulling dan wel capillaire opstijging); in cellen met berekening uit grondwater kan metaSWAP ook een onttrekkingsvraag aan MODFLOW toekennen; Berekeningen en uitwisseling vindt plaats op dagbasis.

**2 MOZART en metaSWAP:**

Online met losse codes (losse programma's wachten steeds op elkaars uitvoer); koppeling werkt via een zogenaamde vraag- en allocatiefase; metaSWAP levert een oppervlaktewaterflux als runoff optreedt door beperkte infiltratiecapaciteit bodem; in cellen met berekening uit oppervlaktewater kan metaSWAP ook een onttrekkingsvraag aan MOZART toekennen, andersom kan MOZART in de allocatiefase aangeven of aan deze vraag kan worden voldaan; berekeningen metaSWAP op dagbasis, MOZART op decadebasis; uitwisseling op decadebasis.

**3 MOZART en MODFLOW:**

Online met losse codes (losse programma's wachten steeds op elkaars uitvoer); koppeling werkt via een zogenaamde vraag- en allocatiefase; MODFLOW berekent de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater bestaande uit de afvoerflux naar (dan wel aanvoerflux vanuit) waterlopen, buisdrainage en verzadigde afvoer via maaiveld; op basis van de door MODFLOW berekende flux en af- en aanvoermogelijkheden wordt in MOZART een nieuw waterpeil berekend en weer teruggegeven aan MODFLOW; berekeningen MODFLOW op dagbasis, MOZART op decadebasis; uitwisseling op decadebasis.

**4 MOZART en DM:**

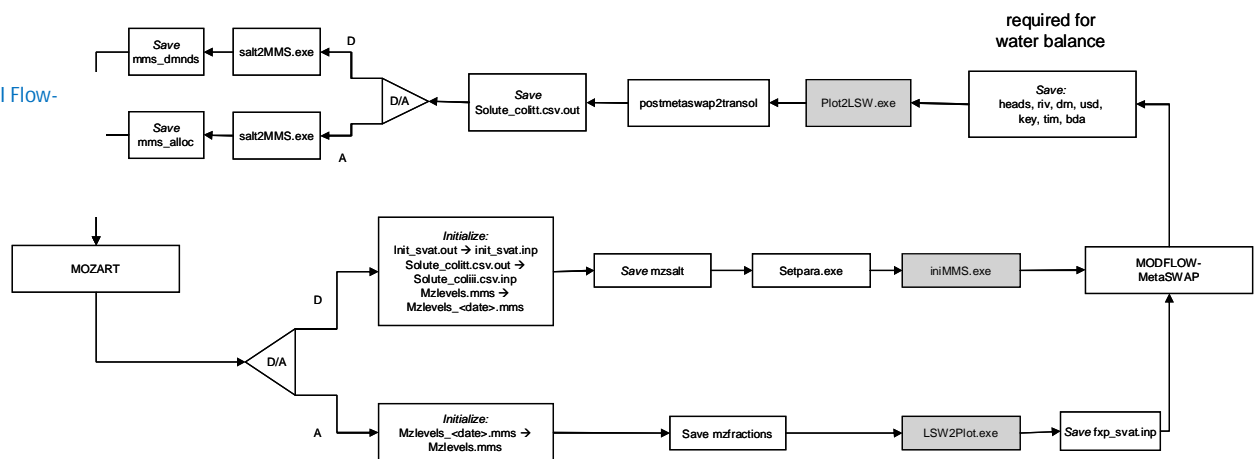
Online met losse codes (losse programma's wachten steeds op elkaars uitvoer); koppeling werkt via een zogenaamde vraag- en allocatiefase; MOZART berekent eerst in de vraagfase een waterbalans van het regionale watersysteem; MOZART berekent hierbij waar er in het regionale systeem wateroverschotten zijn en waar watertekorten. DM rekent vervolgens het hoofdsysteem door, waarbij de verschillende regionale wateroverschotten en –tekorten landelijk worden verdeeld; uit de berekening blijkt waar in het regionale systeem aan de eventuele tekorten kan worden voldaan (er is genoeg inlaatwater beschikbaar) en waar niet; uitgaande van deze berekening berekent MOZART in de allocatiefase nieuwe waterpeilen, waarbij het waterpeil is uitgezakt of bepaalde onttrekkingen worden gekort als er niet genoeg inlaatwater beschikbaar bleek.

### 5 MODFLOW en DM:

Er is geen werkelijke koppeling tussen MODFLOW en DM, echter de waterlopen uit DM zijn wel geparametriseerd in MODFLOW om uitwisseling tussen landelijk oppervlaktewater en het grondwater mogelijk te maken; de uitwisselingsflux wordt niet naar DM doorgegeven.

Het koppelschema is vastgelegd in de onderstaande flowchart (Figuur 2). Uit dit schema blijkt de complexiteit van het NHI. In de gebruikershandleiding van het NHI (Verkaik et al, 2010) zijn alle technische details uitgewerkt.

Figuur 6.2: NHI Flow-chart



Gedurende dit project is een belangrijk deel van de koppelingen verbeterd. Een opgeleverd product is een “MODFLOW-MetaSWAP executabel” waarvan de code bestaat uit aangepaste (MODFLOW, MetaSWAP) en nieuwe rekenharten (TRANSOL, MOZART koppeling) die volledig in versiebeheer zitten (Deltares repository). Er is een online koppeling met MOZART en TRANSOL gerealiseerd, waarbij grotendeels de voorgestelde werkwijze als volgt is uitgevoerd::

- State-save opties zijn geïmplementeerd voor MODFLOW, MetaSWAP en TRANSOL;
- De code is geherstructureerd, zodanig dat de aansturing van de afzonderlijke modules op generieke wijze plaats vindt met een hoofdprogramma;
- Bestaande NHI koppelingsprogrammatuur is uitvoerig geanalyseerd, drastisch opgeschoond, en in een library gezet onder versie beheer;
- Koppeling met MOZART is gerealiseerd met een stuurfile en de NHI aansturing batch-files zijn aangepast.





## 7 Koppeling NHI-AGRICOM

### 7.1 Algemeen

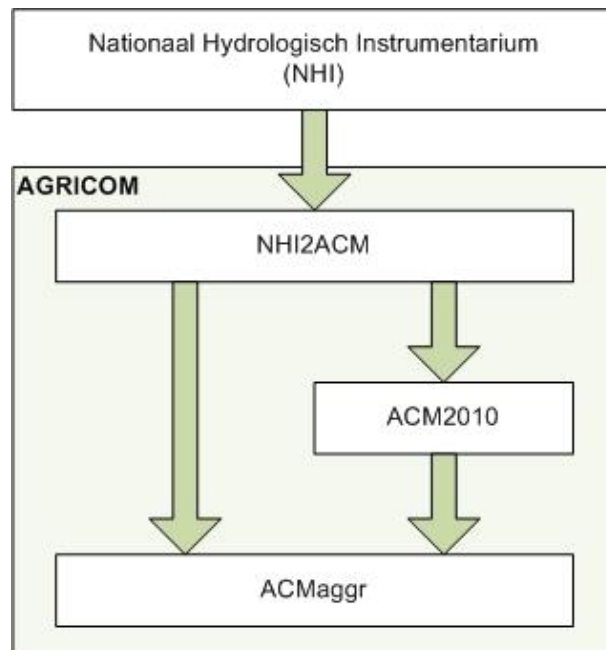
AGRICOM is een acronym voor AGRicultural COst Model. Het is een agro-economisch model dat op basis van de resultaten van een hydrologisch model kosten en baten voor de landbouwsector in Nederland berekent. Dit betreft de effecten van te droge, te natte of te zoute omstandigheden op de Nederlandse Landbouw.

Het concept van AGRICOM dateert van begin jaren tachtig. In 2009 is initiatief genomen voor actualisatie en verbeteringen van het AGRICOM concept. Aanleiding hiervoor is de definitiestudie AGRICOM (Bakel et.al., 2009). De definitiestudie moet antwoord geven in hoeverre AGRICOM geschikt is om in het kader van het Deltaprogramma zoetwatervoorziening als effectenmodel voor de landbouwsector te functioneren. Om actualisatie en verbeteringen van het AGRICOM concept goed door te kunnen voeren is een heldere opzet van het model vereist, met een aansluiting op het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI).

### 7.2 Koppeling NHI-AGRICOM

Bij het opnieuw programmeren van AGRICOM is rekening gehouden met de aansluiting op het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Omdat het NHI mogelijk in de toekomst bepaalde functies betreft de schadeberekeningen binnen het AGRICOM concept gaat overnemen is besloten AGRICOM op te delen in een aantal deelprogramma's. De nieuwe opzet van AGRICOM bestaat uit een drietal programma's die achtereenvolgend worden aangeroepen, zie Figuur 7.1.

Figuur 7.1: Opzet van de koppeling NHI-AGRICOM



Het deelprogramma NHI2ACM zorgt voor de koppeling met het NHI. In dit deelprogramma wordt aan de hand van hydrologische gegevens dervingsfracties voor individuele jaren berekend. Deze dervingsfracties samen met hydrologische gegevens als beregeningsgegevens en de potentiële evapotranspiratie, worden in het gewenste format weggeschreven en opgepikt door het deelprogramma ACM2010. Het deelprogramma ACM2010 betreft de rekenkern van AGRICOM waarbij op plot niveau de kosten en baten voor de landbouwsector in Nederland worden berekend. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen resultaten van de betreffende rekenperiode en langjarige periode. De resultaten van ACM2010 en de schade fracties voor individuele jaren kunnen vervolgens met het deelprogramma ACMaggr geaggregeerd worden naar een hoger schaalniveau.

In de gebruikershandleiding van AGRICOM (Mulder et al, 2010) zijn alle technische aspecten van de koppeling beschreven.











Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een  
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een  
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

## Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E [office@kennisvoorklimaat.nl](mailto:office@kennisvoorklimaat.nl)

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E [info@kennisvoorklimaat.nl](mailto:info@kennisvoorklimaat.nl)

[www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)